

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 30 05 375 A 1

⑤① Int. Cl. 3:  
H 02 P 9/42  
F 03 B 15/00

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 30 05 375.9-32  
11. 2. 80  
20. 8. 81

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑥① Zusatz in: P 30 37 147.2

⑦② Erfinder:  
Spirk, Franz, 1000 Berlin, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥④ Turbinensatz mit einem ein Netz konstanter Frequenz speisenden Generator

BEST AVAILABLE COPY

DE 30 05 375 A 1

DE 30 05 375 A 1

Patentansprüche

1. Turbinensatz mit einer von Wasser durchflossenen Turbine, die mit einem ein Netz konstanter Frequenz speisenden Generator gekuppelt ist, d a d u r c h g e -  
5 k e n n z e i c h n e t , daß die Axialturbine (3) mit nichtverstellbaren Laufschaufeln (Propellerturbine) ausgeführt ist und daß die Ständerwicklung (12) des  
10 Generators (11) über einen frequenzregelbarem Umrichter (13) mit dem Netz verbunden und die Drehzahl des Turbinensatzes stufenlos entsprechend der abzugebenden Leistung regelbar ist.
2. Turbinensatz nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
15 k e n n z e i c h n e t , daß der frequenzregelbare Umrichter als Direktumrichter (13) ausgebildet ist.
3. Turbinensatz nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß bei einem Netz (15)  
20 von 50 oder 60 Hz der Generator (11) mit einer Frequenz kleiner als 20 Hz betrieben ist.
4. Turbinensatz nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in einem Rohrturbinensatz die Propellerturbine (3) auf dem Außenkranz (7)  
25 des Laufrades (4) den Läufer (10) des Generators (11) trägt.
5. Turbinensatz nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in einem Rohrturbinensatz der Generator (11) in einem Strömungskörper (17)  
30 angeordnet und mit der Welle (18) der Propellerturbine (3) verbunden ist.

-2-

- 7 -

VPA 80 P 3706 DE

6. Turbinensatz nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Propellertur-  
bine (3) eine vertikale Welle (19) aufweist, die mit  
der vertikalen Welle des Generators (11) gekuppelt ist.

5

7. Turbinensatz nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der  
Generator (11) in asynchroner Bauart ausgeführt ist.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT - 3 -  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 80 P 3706 DE

5 Turbinensatz mit einem ein Netz konstanter Frequenz speisenden Generator

Die Erfindung bezieht sich auf einen Turbinensatz mit einer von Wasser durchflossenen Turbine, die mit einem  
10 ein Netz konstanter Frequenz speisenden Generator gekuppelt ist. Solche Turbinensätze werden zur Ausnutzung der Wasserkraft zur Energieerzeugung insbesondere bei Flußkraftwerken eingesetzt und sind aus der Literaturstelle "Bulletin des Schweizer Elektrotechnischen Ver-  
15 eins", 1978, Seiten 943 bis 947 bekannt.

Man unterscheidet hierbei zwischen Rohrturbinensätzen, bei denen die Turbine eine horizontale oder schräggestellte Welle aufweist, und Turbinensätzen mit einer  
20 Turbine mit vertikaler Welle. Rohrturbinensätze wurden zunächst mit einer Propellerturbine mit feststehenden Laufschaufeln ausgeführt, bei welcher der Läufer des Generators unmittelbar auf dem Außenkranz des Laufrades der Propellerturbine angeordnet ist. Eine derartige  
25 mechanisch einfach und robust aufgebaute Propellerturbine hat aber den Nachteil, daß wegen der Nichtverstellbarkeit der Laufschaufeln und der durch den Generator bedingten konstanten Drehzahl die Teillastwirkungsgrade sehr schlecht sind. Man entwickelte dann Axialturbinen  
30 mit verstellbaren Laufradschaufeln, Kaplan turbinen, die in Flußkraftwerken mit vorwiegend vertikaler Welle eingesetzt werden. Mit dieser ist der außerhalb des Strömungsraumes liegende Generator mit ebenfalls vertikaler Welle verbunden. Auch bei Rohrturbinensätzen werden  
35 Kaplan turbinen mit verstellbaren Laufschaufeln eingesetzt, bei denen dann der Generator innerhalb eines

D 3 Lo / 7.2.1980

130034/0336

-4-

- 2 -

VPA 80 P 3706 DE

Strömungskörpers angeordnet ist und von der Welle der Kaplan-  
turbine direkt angetrieben wird. Da dieser Strömungskörper innerhalb des Wasserzuflusses zur Turbine liegt, ist der für den Generator zur Verfügung stehende  
5 Raum beschränkt, was Schwierigkeiten hinsichtlich der erreichbaren Leistung des Generators hervorruft. Man hat deshalb auch für einen Rohrturbinensatz mit einer Kaplan-  
turbine die Verwendung eines Außenkranzgenerators vorgesehen, wobei der Polradkranz des Generators auf dem  
10 Außenkranz der Kaplanturbine gesondert hydrostatisch gelagert ist. Diese Anordnung ist sehr aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Wirkungs-  
grad eines Turbinensatzes und sein Betriebsverhalten  
15 (Kavitation) auch bei Teillast zu verbessern.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Turbinensatz der eingangs beschriebenen Art gemäß der Erfindung so ausgebildet, daß die Axialturbine mit nichtverstellbaren  
20 Laufschaufeln (Propellerturbine) ausgeführt ist und daß die Ständerwicklung des Generators über einen frequenzregelbaren Umrichter mit dem Netz verbunden und die Drehzahl des Turbinensatzes stufenlos entsprechend der abzugebenden Leistung regelbar ist. Diese Anordnung hat  
25 den Vorteil, daß der Turbinensatz wegen der Frequenzregelbarkeit des Umrichters in seiner Drehzahl kontinuierlich frei einstellbar ist, so daß an der Turbine für jede Belastung die optimale Drehzahl eingestellt werden kann. Man erzielt somit jeweils einen guten Wirkungs-  
30 grad, und durch Nichtanpassung auftretende Betriebsunsicherheiten, wie z. B. Kavitation, entfallen. Die aufwendige mechanische Regelung des Turbinenlaufrades über verstellbare Laufschaufeln zur Anpassung an die abzugebende Leistung ist somit durch eine elektrische  
35 Drehzahlregelung ersetzt.

- 5 -  
- 3 -

VPA 80 P 3706 DE

Auf diese Weise kann die als Axialturbine mit nichtverstellbaren Laufschaufeln bekannte Propellerturbine mit Vorteil sowohl in Rohrturbinensätzen mit einem Außenkranzgenerator oder einem in einem Strömungskörper angeordneten Generator als auch in einem Turbinensatz mit vertikaler Turbinenwelle, die mit der vertikalen Welle des Generators gekuppelt ist, eingesetzt werden.

Es ist zweckmäßig, den frequenzregelbaren Umrichter als Direktumrichter auszubilden. Da ein derartiger Direktumrichter eine wesentlich niedrigere Frequenz als die speisende Netzfrequenz abgibt, kann der Generator in weiterhin vorteilhafter Weise mit einer entsprechend kleinen Frequenz, insbesondere kleiner als 20 Hz, betrieben werden. Er kann dann wegen der wesentlich geringeren Wechselstromverluste mit einer höheren Ausnutzungsziffer C ausgelegt werden. Diese Ausnutzungsziffer C

$$= \frac{kVA}{D_1 L n}$$

, wobei  $D_1$  der Bohrungsdurchmesser des Generators, L seine Länge und n seine Drehzahl sowie kVA die abgegebene Leistung bedeutet, kann unter Umständen bis auf den doppelten Wert einer 50-Hz-Maschine gesteigert werden. Dadurch kann der durch den Umrichter bedingte höhere Aufwand zumindest teilweise wieder ausgeglichen werden. Dazu addiert sich noch die durch den wesentlich einfacheren Aufbau der Turbine erzielte Ersparnis.

Bei einem Turbinensatz gemäß der Erfindung kann der Generator in zweckmäßiger Weise in asynchroner Bauart ausgeführt sein. Dann ist sein Läufer als einfacher Käfigläufer ausgebildet, und eine Stromzuführung zum Läufer entfällt.

Im folgenden sei die Erfindung anhand der in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiele noch näher erläutert.

- 6 -

- 4 -

VPA 80 P 3706 DE

Fig. 1 zeigt, schematisch dargestellt, einen Schnitt durch einen Rohrturbinensatz.

In Fig. 2 ist das Prinzipschaltbild des dort verwendeten Generators dargestellt.

5 Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch einen anderen Rohrturbinensatz,

Fig. 4 einen Schnitt durch einen Turbinensatz mit vertikaler Welle.

Für gleiche Teile sind jeweils die gleichen Bezugswahlen  
10 in allen Figuren verwendet.

Bei dem Rohrturbinensatz nach Fig. 1 ist in dem rohr-  
ähnlichen Triebwasserraum 1 eines Laufkraftwerkes zwi-  
schen Stützschaufeln 2 eine Propellerturbine 3 vorge-  
15 sehen, vor deren Laufrad 4 regulierbare Leitschaufeln 5  
angeordnet sind. Das einteilige Laufrad 4 besitzt fest  
an der Nabe 6 und am Außenkranz 7, angegossene Laufschaufeln 8. Der Außenkranz 7 ist gegenüber dem Turbinen-  
gehäuse 9 abgedichtet und trägt außerdem den Rotor 10  
20 des Generators 11.

Die Ständerwicklung 12 des Generators 11 speist über den  
frequenzregelbaren Direktumrichter 13 und Transformatoren 14 das Netz 15 mit der konstanten Frequenz von 50 Hz.  
25 Da der Direktumrichter 13 eine kleine generatorseitige  
Frequenz hat, ist der Generator 11 für Frequenzen kleiner als 20 Hz bemessen und wesentlich höher ausgenutzt  
als eine 50-Hz-Maschine. Infolge der Frequenzregelbarkeit des Direktumrichters 13 kann der Generator 11 und  
30 die mit ihm verbundene Propellerturbine 3 in der Drehzahl  
stufenlos frei verändert werden, so daß an der Propellerturbine 3 für jede Belastung die optimale Drehzahl  
eingestellt werden kann. Man hat somit auch bei Teillasten trotz Verwendung der mechanisch sehr robusten  
35 Propellerturbine 3 mit nichtregelbaren Laufschaufeln 5  
einen sehr guten Wirkungsgrad bei Teillastbetrieb. Der

- 7 -

- 5 -

VPA 80 P 3706 DE

Direktumrichter 13 ist im Maschinenhaus 16 des Rohrturbinensatzes untergebracht, die Verbindungsleitungen zwischen dem Generator 11, dem Direktumrichter 13 sowie den Transformatoren 14 und die Zuleitungen zum Netz 15 sind nicht dargestellt, aber in allgemein üblicher Weise ausgeführt.

Fig. 3 zeigt ein Laufkraftwerk mit einem anderen Rohrturbinensatz, bei dem im Triebwasserraum 1 über Stützschaufeln 2 ein Strömungskörper 17 angeordnet ist, an dessen Ende die Propellerturbine 3 liegt. Die horizontal verlaufende Welle 18 der Propellerturbine 3 treibt ebenfalls den innerhalb des Stützkörpers 17 befindlichen, nur schematisch angedeuteten Generator 11 an. Auch hier ist der Direktumrichter 13 innerhalb des Maschinenhauses 16 untergebracht.

In Fig. 4 ist schließlich ein Turbinensatz mit einer vertikalen Welle dargestellt. Auch hier ist die Axialturbine mit der vertikalen Welle 19 als Propellerturbine 3 ausgebildet, und die Welle 19 treibt den Generator 11 an. Der Direktumrichter 13 ist wiederum im Maschinenhaus 16 untergebracht. Durch die Verwendung einer Propellerturbine 3 anstelle einer bei derartigen Turbinensätzen mit vertikaler Welle bisher üblichen Kaplan-turbine ist der hydraulische Teil wesentlich vereinfacht. Trotzdem erfordert dies keinen wesentlichen zusätzlichen Aufwand hinsichtlich der nun elektrisch über den Direktumrichter 13 vorgenommenen Drehzahlregelung des Turbinensatzes, da der Direktumrichter 13 genügend Platz innerhalb des vorhandenen Maschinengehäuses 16 findet.

4 Figuren

7 Patentansprüche

130034/0336



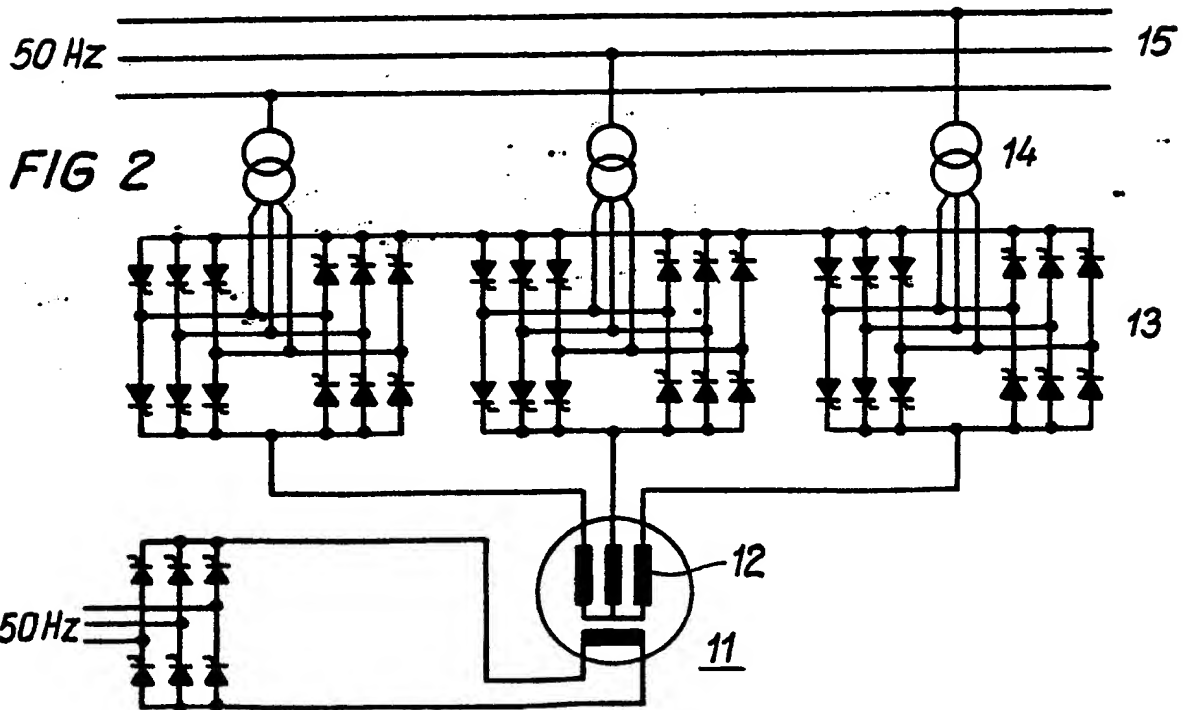
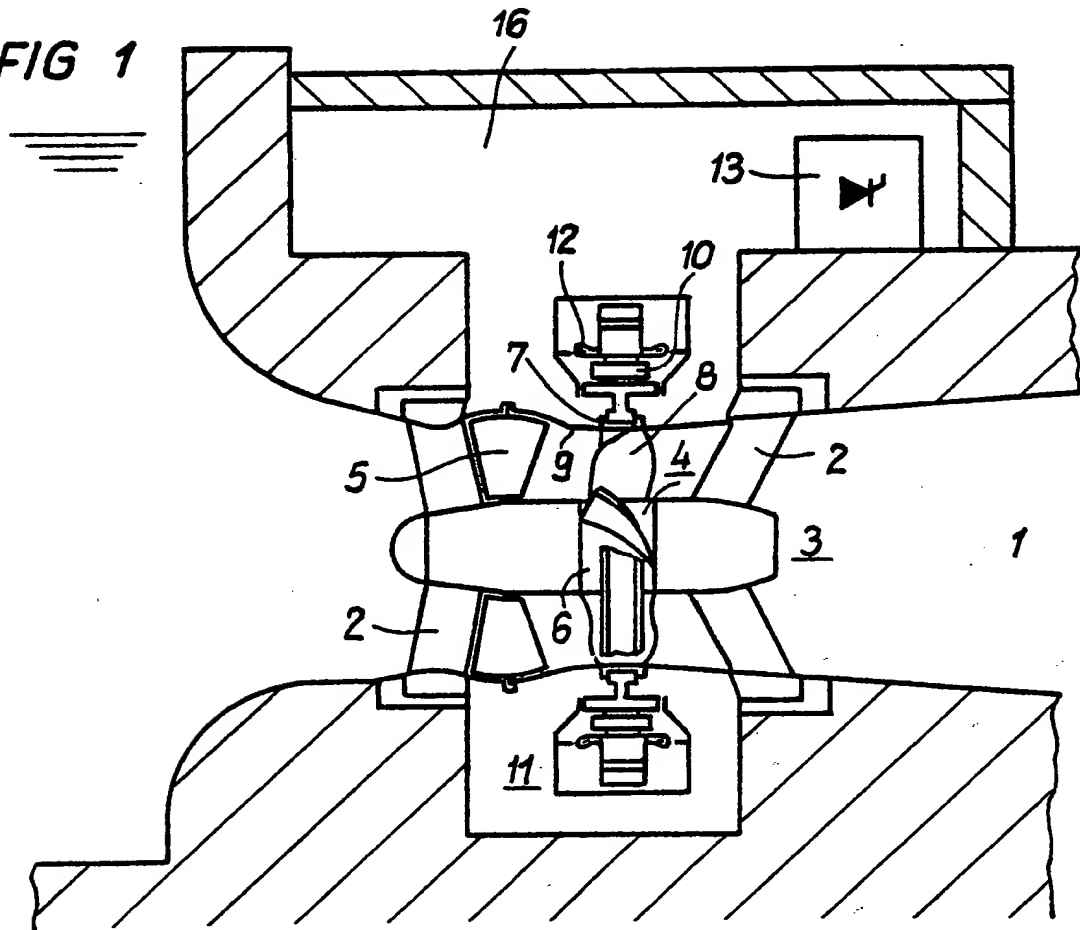
3005375

- 9 -

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

30 05 375  
H 02 P 9/42  
11. Februar 1980  
20. August 1981

FIG 1



130034/0336

FIG 3

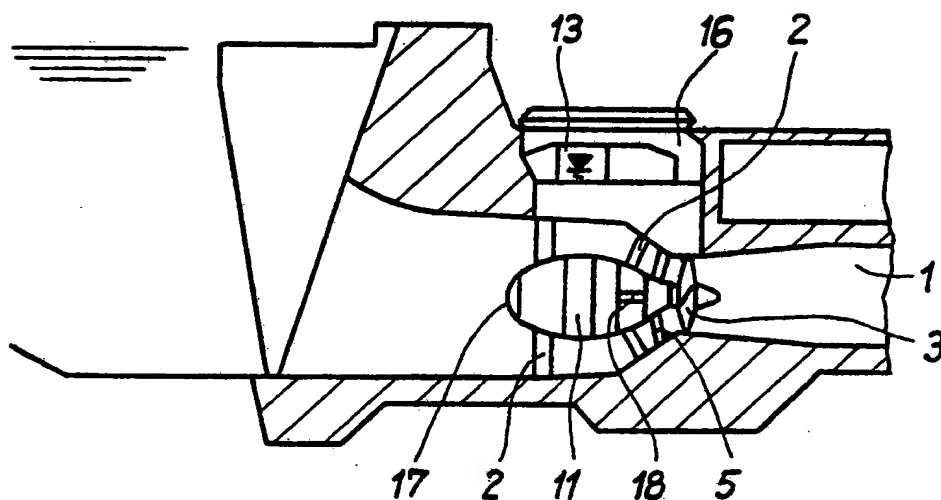


FIG 4

